

Étude complémentaire sur les carences minérales rencontrées dans les troupeaux du Nord Sénégal

par D. FRIOT (*) et H. CALVET (*)

RESUME

En 1964 une première série de recherches a permis d'élucider l'étiologie et la pathogénie d'une grave affection animale qui sévissait, depuis plusieurs années, sur les élevages du Nord Sénégal (Ferlo). Cette maladie, comparable au Lamsieckte d'Afrique du Sud s'est avérée être le botulisme, dont le développement est favorisé par une polycarence dans laquelle le phosphore joue un rôle important.

D'autres éléments paraissent cependant intervenir et c'est pour en préciser la nature qu'en 1967 est entreprise une nouvelle série de travaux.

Ces derniers comportent les dosages sériques de 9 éléments et oligo-éléments minéraux. Les prélèvements sont effectués sur 670 animaux appartenant à des troupeaux du Ferlo et à des élevages de Casamance qui, réputés indemnes de maladies carentielles, sont destinés à servir d'élément de comparaison. Les prospections sont pratiquées en saison sèche et en saison humide, époque favorable pour la nutrition des troupeaux.

Les résultats de plus de 6.000 dosages permettent de mettre en évidence en saison sèche et dans les deux régions (Ferlo et Casamance) une carence en cuivre et en calcium, et de confirmer la carence en phosphore qui atteint les troupeaux du Ferlo en saison sèche.

Les auteurs discutent de la possibilité de rattacher l'apparition dans ces régions de la streptothricose bovine à la carence en zinc.

Dans la littérature consacrée à la pathologie animale, en Afrique noire, les maladies nutritionnelles occupent une place relativement restreinte par rapport à celle dévolue aux affections virales, bactériennes ou parasitaires.

Leurs manifestations sont, en effet, beaucoup plus discrètes que celles des grandes épizooties tropicales, qui avant l'application des mesures prophylactiques systématiques ravageaient les troupeaux.

Cependant certains déséquilibres nutritionnels se compliquent assez habituellement d'une pathologie beaucoup plus explosive. Tel est le

cas de la carence en phosphore qui favorise l'extension du botulisme.

Une première relation de ce type de pathologie est rencontrée dans la littérature dès 1921 et décrite sous le nom de Lamsieckte, en Afrique du Sud, par Sir Arnold THEILER et ses collaborateurs qui démontrent la parenté existant entre une carence en phosphore et l'apparition du « Lamsieckte » ou « Parabotulism ».

Beaucoup plus récemment (1964), une maladie comparable a été découverte sur les troupeaux de zébus du Sénégal à la suite de recherches entreprises dans cette région par le Laboratoire National de l'Elevage de Dakar. Les conclusions de ces travaux, publiés dans la Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux (2), ont conduit à préconiser dans les régions endémiques la vaccination des

(*) Institut d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux, Maisons-Alfort; Laboratoire national de l'Elevage et de Recherches vétérinaires, Dakar-Hann.

animaux par une anatoxine botulique type C et à la supplémentation minérale des troupeaux.

Mais la carence en phosphore ne constitue probablement pas l'unique déficience atteignant les troupeaux du Sénégal et d'une façon plus générale ceux des zones d'élevage sahéliennes. D'autre part, l'effet des carences ou polycarences minérales ne se borne pas à une prédisposition au botulisme.

En effet, le métabolisme des matières minérales nécessite non seulement la présence ou l'équilibre dans l'alimentation des éléments lourds tels que le calcium, le phosphore, le sodium ou le magnésium, mais encore celle des éléments agissant à l'état de traces. En outre, de plus en plus les nutritionnistes du bétail mettent l'accent sur l'importance du rôle joué par les oligo-éléments tels que le cobalt, le cuivre, le zinc, le fluor etc... Il est vraisemblable que la plupart des troubles nutritionnels font intervenir non une carence unitaire mais une polycarence portant sur un groupe plus ou moins important d'éléments. Unitaires ou complexes, les carences minérales ont toutes en commun le même caractère qui est de diminuer de façon sensible les diverses productions du troupeau.

Les zébus des élevages extensifs tropicaux, qui possèdent d'une façon générale des capacités d'adaptation remarquables aux conditions souvent défavorables du milieu, s'adaptent également aux déficiences en éléments minéraux. Ils le font par une croissance ralentie qui s'accompagne d'une mortalité importante au cours de la première année; par une maturation sexuelle très lente qui fait que les géniteurs n'entrent en production qu'à l'âge de 4 à 5 ans; par une gestation irrégulière, un veau élevé tous les 2 ou 3 ans; par une production de viande très lente, un animal vivant dans le milieu naturel n'atteint son poids maximal qu'à l'âge de 7 à 8 ans.

En définitive les carences minérales constituent un frein agissant sur la production des troupeaux et expliquent en grande partie la faible productivité des élevages intensifs des zones sahéliennes. Toute amélioration dans ce domaine passe donc par une meilleure connaissance des carences et par l'étude des moyens à mettre en œuvre pour les combattre. C'est à des conclusions comparables que sont parvenus les congressistes du Colloque d'Abid-

jan (5 au 11 avril 1968) ayant pour objet d'établir les priorités de la recherche agronomique pour le développement économique de l'Afrique.

Leurs propos dans ce domaine sont les suivants : « La commission note avec inquiétude que les maladies nutritionnelles et carencielles constituent un problème qui ne fait que croître parallèlement à une meilleure conduite du troupeau à l'introduction de races améliorées et à la sédentarisation des animaux notamment en Afrique de l'Ouest; elle recommande que les travaux en cours dans certains laboratoires soient poursuivis et intensifiés dans ce domaine. »

Le travail présenté est dans la ligne de cette recommandation. Son développement comprend les chapitres suivants :

1. Localisation des recherches
2. Recherches antérieures
3. Travaux actuels - Objectifs - Méthodes, Résultats et interprétation
4. Conclusion.

1. LOCALISATION DES RECHERCHES

La région intéressée par ces recherches est une large zone d'élevage comprise entre le fleuve Sénégal et l'ancienne vallée fossile du Ferlo. Son climat est du type sahélo-soudanien caractérisé par des températures élevées et l'existence d'une longue saison sèche (8 mois). La pluviométrie y est réduite aussi bien en jours de pluie qu'en quantité (400 à 500 mm par an en moyenne). Les précipitations ne se produisent qu'au cours de 4 mois d'hivernage (juillet à octobre).

L'évolution géologique de cette région lui confère un aspect particulier faisant alterner des dunes de sables peu élevées reposant en général sur une cuirasse ferrugineuse et des sols plus compacts sablonneux ou sables argileux rencontrés dans les secteurs interdunes. Des sols hydromorphes enfin occupent le fond et le pourtour des mares temporaires et des rares affleurements calcaires ou salins, dans la région de Yang-Yang, offrent des surfaces très limitées mais jouent un rôle important en élevage comme source d'éléments minéraux pour les troupeaux.

La végétation est constituée par une savane arborée, claire, procurant aux animaux de nombreuses espèces de graminées et quelques légumineuses. Les espèces ligneuses épineuses ou inermes, le plus souvent en feuilles caduques constituent un supplément alimentaire non négligeable à la fin de la saison sèche.

Dans les dernières décennies, cette région a subi du point de vue socio-économique une mutation radicale du fait de la création et de la multiplication des forages profonds, ouvrages hydrauliques, qui, puisant dans les sables aquifères du maestrichtien, font jaillir l'eau en abondance en toute saison.

De ce fait cette région, désertée autrefois par les pasteurs et les troupeaux dès l'assèchement des mares provisoires, voit s'établir un peuplement permanent qui s'organise autour des points d'eau.

Désormais les grands déplacements du début de la saison sèche ne sont plus nécessaires. Dès l'évaporation des eaux de surface, les pasteurs transportent leur campement à proximité de la station hydraulique voisine. Cette sédentarisation relative n'est pas sans répercussions sur l'équilibre du milieu naturel. Les pâturages sont dégradés dans la proximité immédiate des forages et souvent surchargés sur une superficie comprise dans un rayon de 4 à 10 kilomètres. Ces conditions ont favorisé le développement de la maladie animale abordée au chapitre suivant.

2. RECHERCHES ANTERIEURES

Depuis plusieurs années, des éleveurs peulhs du Nord Sénégal signalaient l'existence d'une maladie animale à allure enzootique, caractérisée par des troubles de la locomotion et qui s'accompagnait d'une mortalité importante.

Dès 1962 l'étude en est entreprise par les diverses sections du laboratoire. Les travaux ont comporté plusieurs étapes. La reproduction de la maladie naturelle chez les zébus à partir de l'ingestion forcée des produits récoltés sur des bovins ayant succombé à la forme aiguë. L'emploi de la sérothérapie antibotulique C et D sur des maladies présentant des formes aiguës. Par la suite a été réalisé l'isolement du germe, *Clostridium botulinum* type D et de sa toxine.

Les formes aiguës de cette maladie sont donc bien dues au botulisme. Mais une déficience nutritionnelle, se traduisant essentiellement par un mauvais état général, des boiteries et surtout du pica, est antérieure et favorise le développement de cette toxémie. C'est en effet à l'occasion de cette aberration du goût et de l'ostéophagie, que les animaux se contaminent en ingérant des fragments de matières organiques en putréfaction prélevés sur des cadavres rencontrés en abondance autour des forages. Une étude biochimique a alors été entreprise sur les troupeaux vivant à proximité du forage de Lagbar et de Yaré Lao.

Les seuls résultats enregistrés ont porté sur des taux de phosphore inorganique qui se sont avérés significativement plus bas dans la région endémique que sur les troupeaux du Centre de Recherches Zootechniques de Dahra choisi comme élément de référence. L'hypophosphore plasmatique, la pauvreté générale en phosphore des fourrages et des eaux d'abreuvement ont permis d'affirmer qu'au Ferlo comme en Afrique du Sud, la carence en phosphore était la cause prédisposante essentielle à l'extension du botulisme.

3. TRAVAUX ACTUELS

Les travaux poursuivis ces dernières années constituent un élargissement des recherches antérieures.

Cette extension s'est effectuée dans deux directions et comporte d'une part un agrandissement géographique de la région prospectée et d'autre part l'extension des recherches à une gamme de 8 éléments minéraux et oligo-éléments qui s'ajoutent au dosage du phosphore.

Le protocole présidant à ces nouvelles recherches s'appuie sur un certain nombre d'observations précédemment effectuées qui se résument ainsi :

- les troubles sont plus accentués en saison sèche que pendant ou immédiatement après la saison des pluies.
- parmi les diverses régions du Ferlo, certains points présentent une plus grande fréquence de ces troubles.
- enfin la Casamance est une région indemne, mais il est malheureusement difficile d'exploiter pour notre recherche toutes les

conséquences de cet état car elle est peuplée non plus de zébus mais de taurins de race N'dama aux normes biochimiques probablement différentes.

En conséquence, une suspicion de carence portant sur un ou plusieurs éléments pourra résulter :

1. De l'observation d'une différence significative entre les taux sériques provenant de dosages effectués en saison sèche et en saison des pluies dans la même région;
2. De la corrélation existant pour certains points géographiques entre des taux sériques anormalement bas et la fréquence de la maladie;
3. Enfin, et compte tenu des réserves précitées liées à une différence raciale, la carence sera éventuellement confirmée si pour certains éléments il existe des différences significatives entre le Ferlo région contaminée et la Casamance région indemne.

Ces considérations ont conduit à l'établissement du protocole dont les lignes générales sont les suivantes :

— Les prélèvements ont lieu dans six centres du Ferlo dont chacun correspond à l'implantation d'un forage.

— Au Nord et parallèlement au fleuve, 2 points sont intéressés, Tatki à l'ouest, Yaré Lao à l'est.

— A la limite inférieure de la région prospectée et d'Ouest en Est, les interventions portent sur les agglomérations de Yang-Yang, Linguère, Yonoféré, Barkedji. Dans ces divers lieux les prélèvements sont faits à deux époques de l'année. Une première mission se situe en mai et juin qui doit produire les résultats de saison sèche, une deuxième mission en septembre pour obtenir des données de la saison des pluies.

— En Casamance les points prospectés sont : Ziguinchor, Kolda et Sédhiou où les prélèvements sont effectués uniquement en saison sèche.

— Dans chaque point de prospection, on choisit trois troupeaux, s'abreuvant au même forage mais pâturant dans des zones différentes, sur lesquels on effectue dans toute la mesure du possible, et à chaque mission, 20 prélèvements de sang. Les dosages sur chaque sérum portent sur les neuf éléments suivants :

Phosphore, calcium, magnésium, sodium, potassium, fer, cuivre, zinc et manganèse.

En définitive le tableau général des prélèvements effectués se présente comme suit :

TABLEAU N° I
Localisation des prélèvements

	Lieu	Saison sèche	Saison humide
Ferlo	Yaré Lao	15 troupeaux 59	13 troupeaux 40
	Tatki	58	20
	Yang-Yang	54	20
	Linguère	59	44
	Barkedji	20	40
	Yonofère	40	52
Total		290	216
	Ziguinchor	9 troupeaux 60	Pas de prélèvements
	Kolda	58	
	Sédhiou	46	
Total		164	

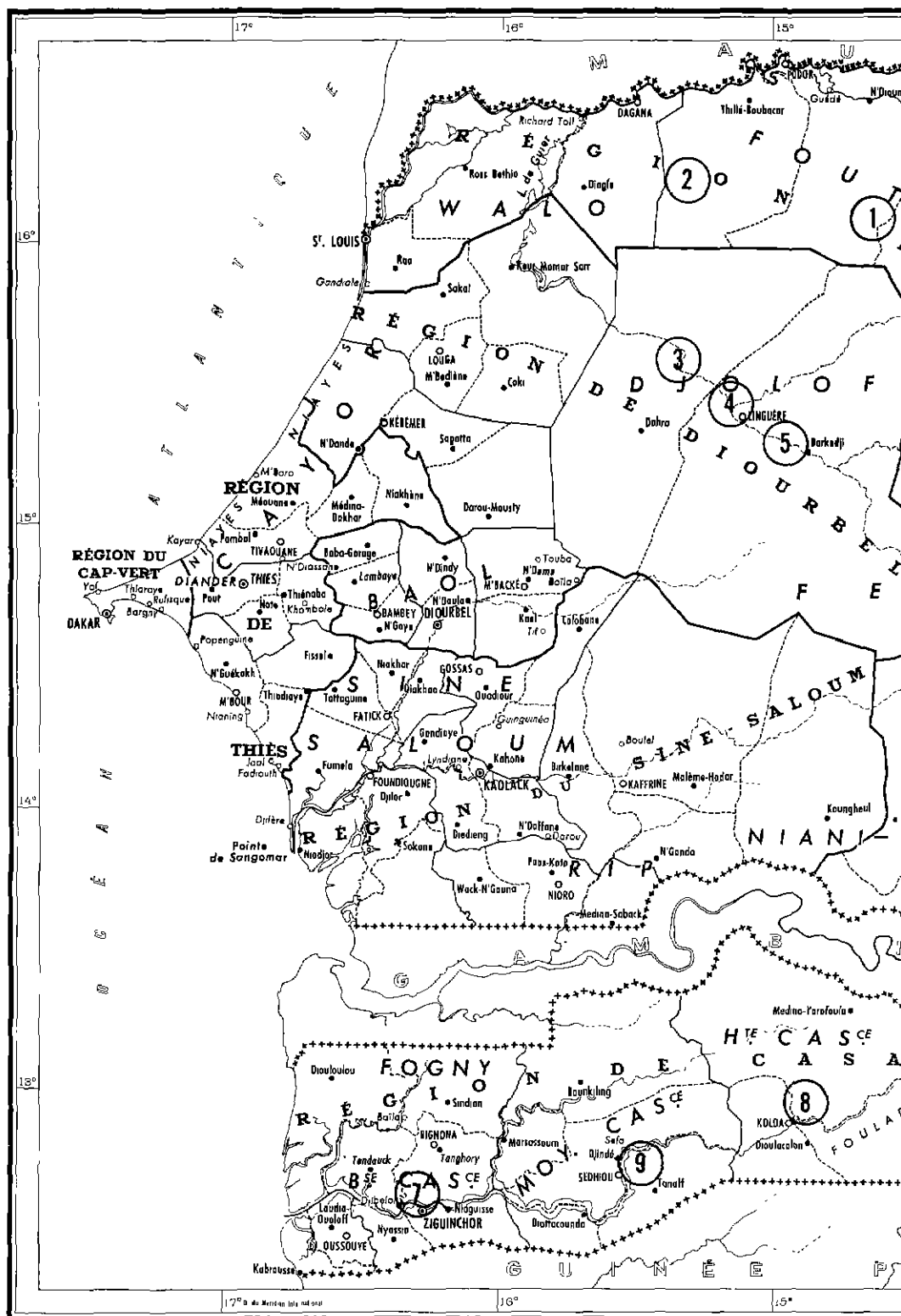
Total général : 670 prélèvements soit environ 6.000 analyses.

Avant de passer à l'exposé des résultats qui comportera obligatoirement de nombreux tableaux, il est indispensable de préciser sommairement les méthodes de dosage.

Méthodes d'analyse

Le phosphore est dosé par colorimétrie. Le sérum préalablement déféqué est traité par le réactif nitro vanado molybdate de Misson qui donne avec le phosphore un complexe de couleur jaune. La lecture se fait à 420 millimicrons sur un photomètre Lumetron. Il faut souligner que ces dosages sont réalisés sur place et dans le délai le plus bref suivant le prélèvement.

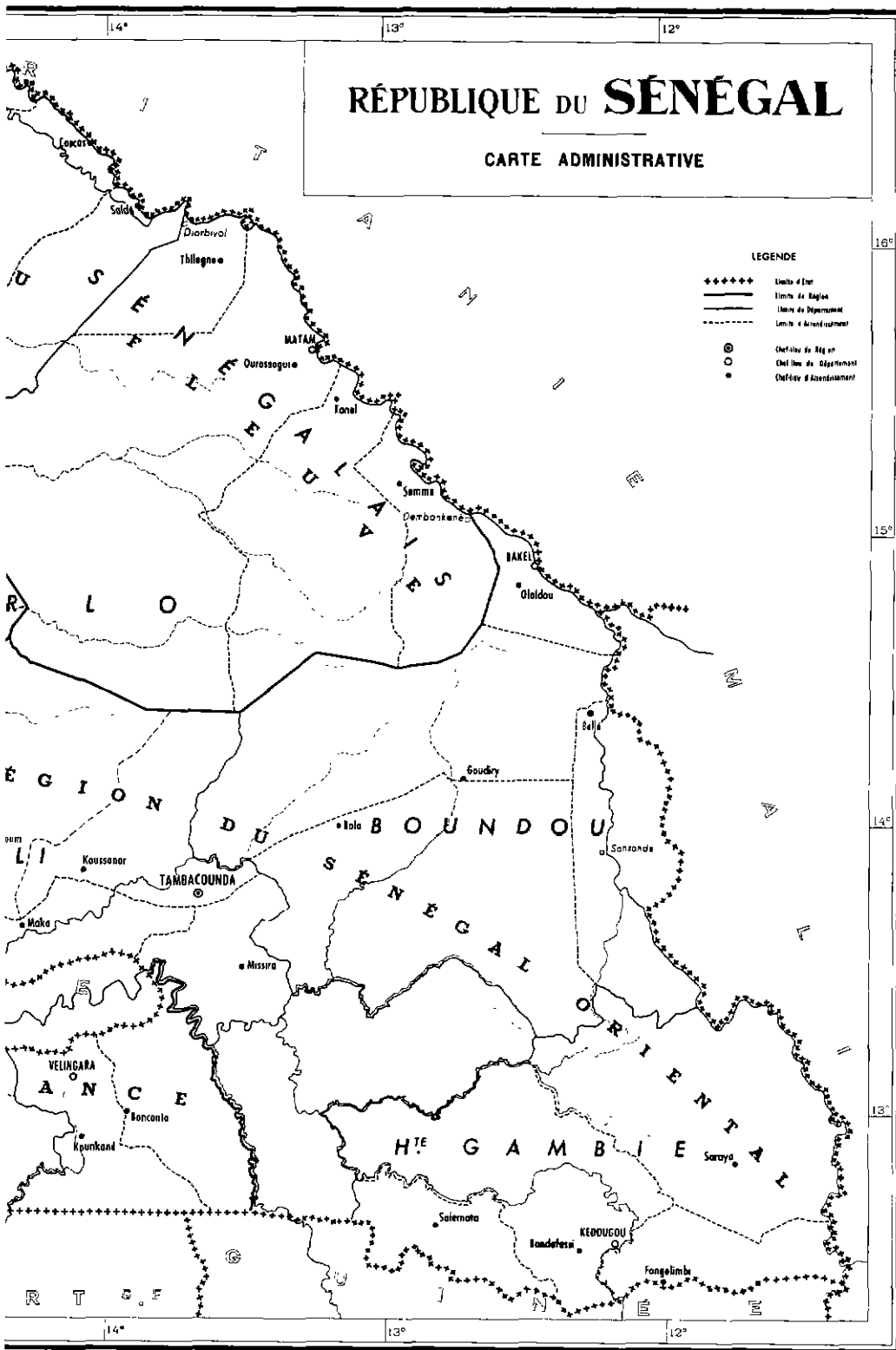
Les autres éléments Ca - Mg - Na - K - Cu - Fe - Zn - Mn, sont dosés au laboratoire par spectrophotomètre de flamme en absorption atomique sur un appareil Perkin-Elmer modèle 290. Le principe général de la méthode est le suivant : la solution à doser est aspirée dans une flamme où les molécules sont dissociées à l'état d'atomes. Ces atomes sont alors capables d'absorber les radiations lumineuses de même longueur d'onde que celles qu'ils émettent lorsqu'ils sont excités. Le rayonnement lumineux émis par une lampe à cathode creuse



Dessiné et publié par l'Institut Géographique National... PARIS. Appare en Afrique Occidentale... DAKAR.
Départ légal n° 272... 3^e Trimestre 1963. 2^e édition: Mai 1965

Les emplacements des puits prospectés sont indiqués par un cercle et un chiffre.

Région du Ferlo: 1: Yare Lao 2: Taiki 3: Yang-Yang 4: Linguere 5: Barkedii 6: Yonofere



Région de Casamance : 7: Ziguinchor 8: Kolda 9: Sedhiou.

sera donc partiellement absorbé par passage sur la flamme. Le décroissement de l'intensité, mesuré par une cellule photo-électrique, est proportionnel à la concentration de l'élément dosé dans la solution.

Pour le cuivre, le fer, le zinc, et le manganèse, les dosages sont effectués sur le sérum directement aspiré dans le nébuliseur. Pour les autres éléments une dilution du sérum (en général 1/25) est nécessaire ainsi que l'adjonction de chlorure de lanthane qui diminue les interférences lors du dosage du calcium. Le passage de solutions étalons effectué parallèlement permet de déterminer la teneur de l'élément dans la solution dosée. La précision de la méthode dépend du métal analysé. Certaines lampes sont plus stables que d'autres et donnent alors sur le papier enregistreur des pics plus réguliers.

La précision dépend encore de la teneur dans la solution de l'élément à analyser. Les faibles taux donnent des mesures moins précises. En raison de ces divers facteurs et pour les éléments dosés, la précision varie de 1 à 5 p. 100.

4. PRESENTATION DES RESULTATS

Les tableaux des résultats exprimés en mg/litre ont été groupés par élément. Chaque donnée correspond aux moyennes des troupeaux à partir de N individus, et est complétée par l'intervalle de confiance de la moyenne à 5 p. 100. Nous présentons 3 tableaux pour la région du Ferlo et 2 tableaux pour la Casamance. Un 6^e regroupe tous les résultats des moyennes.

TABLEAU N°II
Phosphore - Calcium - Magnésium dans la région du Ferlo - Résultats en mg/l

P h o s p h o r e	Ferlo saison sèche			Ferlo saison humide		
	n	\bar{x}	\pm intervalle de confiance	n	\bar{x}	\pm intervalle de confiance
Yare Lao	59	32,9	\pm 2,4	40	63,6	\pm 4,4
Tatki	58	45,8	\pm 3,1	20	73,6	\pm 7,2
Yang-Yang	56	65,0	\pm 2,8	20	81,1	\pm 5,8
Linguere	56	58,2	\pm 4,4	44	64,1	\pm 4,7
Barkedji	20	41,5	\pm 7,4	40	62,6	\pm 4,0
Yonofere	40	53,1	\pm 3,8	52	50,8	\pm 3,9
Moyenne Ferlo	6	49,4	\pm 12,3	6	66,0	\pm 10,9
C a l c i u m						
Yare Lao	59	98,9	\pm 3,4	97	101,0	\pm 2,8
Tatki	58	96,4	\pm 4,0	19	108,1	\pm 3,7
Yang-Yang	54	76,7	\pm 4,9	20	101,7	\pm 3,0
Linguere	54	84,3	\pm 3,8	38	101,3	\pm 2,4
Barkedji	17	85,8	\pm 6,6	33	93,9	\pm 3,1
Yonofere	40	88,5	\pm 4,9	50	106,9	\pm 2,4
Moyenne	6	88,4	\pm 8,6	6	102,2	\pm 5,5
M a g n é s i u m						
Yare Lao	59	25,2	\pm 0,8	40	21,6	\pm 1,0
Tatki	58	21,8	\pm 0,4	18	24,8	\pm 1,0
Yang-Yang	54	20,5	\pm 1,6	20	24,2	\pm 0,7
Linguere	56	23,1	\pm 1,3	39	22,0	\pm 0,9
Barkedji	17	24,4	\pm 1,4	33	20,6	\pm 1,7
Yonofere	40	21,9	\pm 1,4	50	25,3	\pm 0,8
Moyenne	6	22,8	\pm 1,8	6	23,1	\pm 2,0

TABLEAU N°III
Sodium - Potassium - Manganèse dans la région du Ferlo - Résultats en mg/l

S o d i u m	Ferlo saison sèche				Ferlo saison humide			
	n	\bar{x}	\pm intervalle de confiance		n	\bar{x}	\pm intervalle de confiance	
Yare Lao	59	3270	\pm	26	40	3200	\pm	49,32
Tatki	58	3425	\pm	47	19	3128	\pm	43,1
Yang-Yang	54	3350	\pm	48	20	3163	\pm	54,4
Linguere	56	3331	\pm	32	39	3153	\pm	23,90
Barkedji	16	3071	\pm	57	33	3065	\pm	32,84
Yonofere	40	3093	\pm	27	51	3079	\pm	33,07
Moyenne	6	3257	\pm	151	6	3131	\pm	54
P o t a s s i u m								
Yare Lao	59	161,7	\pm	3,4	40	158,5	\pm	5,4
Tatki	58	192,7	\pm	7,3	19	177,6	\pm	6,2
Yang-Yang	54	202,6	\pm	7,4	20	171,2	\pm	4,9
Linguere	56	185,7	\pm	5,7	39	179,5	\pm	7,0
Barkedji	16	163,4	\pm	8,0	32	166,2	\pm	5,1
Yonofere	33	174,4	\pm	3,1	47	187,3	\pm	5,8
Moyenne	6	180,1	\pm	17,2	6	173,4	\pm	10,8
M a n g a n è s e								
Yare Lao	59	0,112	\pm	0,008	34	0,123	\pm	0,001
Tatki	58	0,104	\pm	0,005	19	0,083	\pm	0,021
Yang-Yang	53	0,097	\pm	0,004	20	0,092	\pm	0,005
Linguere	56	0,070	\pm	0,002	44	0,083	\pm	0,005
Barkedji	19	0,069	\pm	0,004	40	0,075	\pm	0,033
Yonofere	40	0,062	\pm	0,003				
Moyenne	6	0,086	\pm	0,022	5	0,091	\pm	0,023

TABLEAU N° IV
Fer - Cuivre - Zinc dans la région du Ferlo - Resultats en mg/l

E l e m e n t	Ferlo saison sèche			Ferlo saison humide		
	n	\bar{x}	\pm intervalle de confiance 5p.100	n	\bar{x}	\pm intervalle de confiance 5p.100
F e r						
Yare Lao	59	1,06	\pm 0,06	33	0,94	\pm 0,10
Tatki	58	1,34	\pm 0,13	19	1,74	\pm 0,08
Yang-Yang	54	1,23	\pm 0,14	20	1,23	\pm 0,11
Linguere	54	1,26	\pm 0,10			
Barkedji	19	1,07	\pm 0,16	37	0,89	\pm 0,05
Yonofere	36	1,45	\pm 0,17			
Moyenne	6	1,24	\pm 0,16	4	1,202	\pm 0,62
C u i v r e						
Yare Lao	59	0,54	\pm 0,02	40	0,59	\pm 0,03
Tatki	58	0,51	\pm 0,02	19	0,61	\pm 0,06
Yang-Yang	54	0,56	\pm 0,04	20	0,70	\pm 0,04
Linguere	56	0,28	\pm 0,02	42	0,60	\pm 0,03
Barkedji	19	0,66	\pm 0,05	35	0,69	\pm 0,03
Yonofere	40	0,53	\pm 0,03	51	0,51	\pm 0,03
Moyenne	6	0,51	\pm 0,13	6	0,62	\pm 0,07
Z i n c						
Yare Lao	32	2,01	\pm 0,21	39	0,92	\pm 0,08
Tatki	49	2,60	\pm 0,17	14	1,35	\pm 0,22
Yang-Yang	53	2,81	\pm 0,20	17	1,36	\pm 0,11
Linguere	55	1,55	\pm 0,10	35	1,60	\pm 0,11
Barkedji	19	2,32	\pm 0,48	39	1,12	\pm 0,08
Yonofere	38	1,93	\pm 0,25			
Moyenne	6	2,20	\pm 0,50	5	1,27	\pm 0,32

TABLEAU N° V
Phosphore - Calcium - Magnésium - Sodium - Potassium - Manganèse
en Casamance et en saison sèche

	Phosphore			Calcium			Magnésium		
Kenia	20	67,7	± 4,1	17	89,9	± 5,3	17	23,1	± 1,3
Diffangor	20	66,3	± 2,7	15	93,0	± 3,2	15	31,7	± 2,0
Niaguis	20	65,0	± 3,8	17	93,1	± 5,5	17	24,8	± 2,2
Kounaya	6	80,3	± 7,5	6	91,8	± 3,2	6	27,8	± 4,2
Nema goudiaby	20	67,8	± 3,5	19	88,6	± 2,9	20	30,9	± 1,4
Mouricounda	20	68,7	± 4,5	20	95,1	± 4,7	20	29,5	± 1,9
Sare Bilali	19	82,3	± 4,8	19	94,7	± 6,0	19	17,0	± 3,2
Dioula coloun	20	73,9	± 3,9	15	91,6	± 3,3	15	26,3	± 1,3
Sare Gueladio	18	72,0	± 3,4	12	94,4	± 5,8	12	19,8	± 5,4
Moyenne	9	71,5	± 4,7	9	92,5	± 1,7	9	25,7	± 3,9
	Sodium			Potassium			Manganèse		
Kenia	17	3303	± 50	17	196,4	± 9,7	20	0,091	± 0,007
Diffangor	15	3298	± 67	15	190,6	± 7,3	20	0,105	± 0,009
Niaguis	18	3276	± 76	18	181,6	± 6,7	20	0,103	± 0,009
Kounaya	6	3348	± 64	6	176,3	± 14,3	6	0,105	± 0,009
Nema goudiaby	20	3160	± 59	20	213,8	± 10,7	20	0,081	± 0,009
Mouricounda	20	3378	± 72	20	200,4	± 6,8	8	0,101	± 0,010
Sare bilali	19	3605	± 86	19	215,5	± 15,2	11	0,084	± 0,007
Dioula coloun	15	3332	± 58	15	203,2	± 9,3	20	0,085	± 0,006
Sare gueladio	12	3231	± 56	12	207,3	± 9			
Moyenne	9	3326	± 95	9	198,3	± 10,4	8	0,094	± 0,09

TABLEAU N°VI
Fer - Cuivre - Zinc en Casamance et en saison sèche - Résultats en mg/l

	F e r			C u i v r e			Z i n c		
Kenia	19	1,07	± 0,19	20	0,48	± 0,05	16	1,65	± 0,23
Diffangor	20	1,05	± 0,13	20	0,46	± 0,05	19	2,40	± 0,45
Niaguis	18	1,32	± 0,20	20	0,47	± 0,06	15	2,36	± 0,19
Kounaya	6	1,00	± 0,26	6	0,61	± 0,11	6	2,09	± 0,82
Nema goudiaby	20	1,51	± 0,24	20	0,53	± 0,04	19	2,13	± 0,25
Mouricounda	18	1,68	± 0,28	20	0,53	± 0,06	16	2,64	± 0,27
Sare bilali	12	1,86	± 0,26	18	0,43	± 0,05			
Dioula coloun	19	1,52	± 0,24	15	0,54	± 0,05			
Sare Gueladio	6	1,76	± 0,40	14	0,45	± 0,05			
Moyenne	9	1,42	± 0,25	9	0,50	± 0,05	6	2,21	± 0,36

TABLEAU N°VII

Moyennes générales pour le Ferlo en saison sèche, Ferlo en saison des pluies,
la Casamance en saison sèche - Résultats en mg/l

	Ferlo saison sèche	Ferlo saison humide	Casamance saison sèche
Phosphore	49,4 ± 12,3	66,0 ± 10,9	71,5 ± 4,7
Calcium	88,4 ± 8,6	102,2 ± 5,5	92,5 ± 1,7
Magnésium	22,8 ± 1,8	23,1 ± 2,0	25,7 ± 3,9
Sodium	3257 ± 151	3131 ± 54	3326 ± 95
Potassium	180,1 ± 17,2	173,4 ± 10,8	198,3 ± 10,4
Manganèse	0,086 ± 0,022	0,091 ± 0,023	0,094 ± 0,09
Fer	1,24 ± 0,16	1,20 ± 0,62	1,42 ± 0,25
Cuivre	0,51 ± 0,13	0,62 ± 0,07	0,50 ± 0,05
Zinc	2,20 ± 0,50	1,27 ± 0,32	2,21 ± 0,36

INTERPRETATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

L'interprétation des résultats, présentés dans les tableaux antérieurs, s'inspire des lignes générales fixées dans le protocole et comporte les points suivants :

a) Comparaison des teneurs obtenues, d'une part dans la même région (le Ferlo) et au cours des 2 saisons différentes, d'autre part au cours de la même saison (saison sèche) et dans les deux régions différentes (Ferlo - Casamance).

b) Différence entre saison sèche et saison des pluies pour chaque élément minéral et dans chacun des points de prospection retenus du Ferlo.

c) Parallèle entre les teneurs observées au Sénégal et celles relevées dans la littérature pour d'autres pays.

d) Corrélations existant entre certains éléments et leur signification possible.

★ ★

a) Les deux comparaisons : saison sèche, saison des pluies dans le Ferlo et Casamance-Ferlo en saison sèche résultent d'une analyse de variance simultanée sur les 3 groupes de données, Ferlo saison sèche, Ferlo saison des pluies, Casamance saison sèche, ces données correspondent aux moyennes des dosages effectués pour chaque élément. Les conclusions sont présentées dans le tableau n° 8.

Le signe ++ indique une différence significative au seuil de 1 p. 100 le signe + une différence significative au seuil de 5 p. 100, le signe 0 l'absence de différence au seuil de 5 p. 100.

TABLEAU N°VIII

	Na	K	Mg	Ca	Cu	Fe	Mn	Zn	P
Comparaison Ferlo saison sèche Ferlo saison humide	++	0	0	++	++	+	0	++	++
Comparaison Ferlo saison sèche Casamance saison S.	0	+	+	0	0	0	0	0	++

On observe donc, dans le Ferlo et entre les deux saisons, une différence significative pour le sodium, le calcium, le cuivre, le fer, le zinc et le phosphore. Les taux moyens de phosphore,

de calcium, de cuivre sont nettement abaissés en saison sèche. A l'inverse les teneurs en sodium, fer et zinc sont alors plus élevées qu'en saison des pluies.

L'échantillonnage paraissant suffisant pour être représentatif de la région, on peut donc conclure qu'une hypophosphorémie, hypocalcémie et cuprémie s'installent en saison sèche sur les troupeaux du Ferlo et que cette polycarence constitue une des causes des troubles nutritionnels traduits essentiellement par l'ostéomalacie et le pica rencontrés à cette époque dans le sahel sénégalais.

L'hypophosphorose de saison sèche est liée indubitablement à une carence d'apport. En effet dès la maturation des graminées et le début de leur dissémination, le taux de phosphore diminue des parties supérieures de la plante, les phosphates se localisent dans la racine ou même retournent au sol (LABOUCHE et MAIN-GUY). Les pailles de saison sèche ne contiennent plus le minimum de phosphore indispensable et de plus le rapport phosphocalcique défavorable, souvent supérieur à 15 ou 16, gêne encore l'utilisation de ces trop faibles apports.

L'hypocalcémie observée pourrait tenir aux mêmes raisons. En effet sur plusieurs échantillons de fourrages récoltés à Dara en fin de saison des pluies et en fin de saison sèche, on observe des taux moyens de calcium respectivement de 0,55 g et 0,36 g pour 100 de matière sèche. L'apport en calcium est donc relativement plus faible en saison sèche.

Mais l'eau d'abreuvement, aliment minéral non négligeable, peut également contribuer à l'établissement de ces déficiences.

Une série de recherches effectuées au laboratoire de Dakar ont permis de comparer les teneurs minérales des eaux de surface, des eaux de puits et des eaux de forages profonds. Le phosphore se trouve en très faible quantité dans les eaux de forages profonds. Dans les eaux de puits et surtout dans les eaux de surface, cet élément se rencontre à des taux plus importants.

Or, en saison sèche, les animaux s'abreuvent aux forages profonds, tandis qu'en saison des pluies ils consomment les eaux des mares ou des puits peu profonds.

Une remarque comparable est valable pour justifier le taux de sodium sérique supérieur en saison sèche. Les eaux de forage qui servent alors à l'abreuvement des troupeaux sont nettement plus riches en cet élément que les eaux de mares utilisées en hivernage.

La nette diminution du zinc sérique, en saison des pluies, suscite une remarque qui, pour l'heure, garde une valeur purement hypothétique.

On sait en effet que les carences en zinc se traduisent d'une façon générale par des troubles cutanés allant de l'hyperkératose aux lésions suintantes et ulcéreuses. Or dans nombre de régions africaines on observe, à la saison des pluies, période d'hypozyngémie, une pathologie cutanée relativement fréquente, prenant des aspects cliniques variés et qu'on classe sous le nom générique de streptothricose. Pourrait-il exister du fait d'une carence en zinc une prédisposition à ces maladies ?

Venons en maintenant au deuxième terme pour envisager après les différences intersaisons, les différences interrégions. Il existe une différence significative, à la même saison, entre le Ferlo et la Casamance pour le potassium, le magnésium et surtout le phosphore. Ce test est, pour plusieurs raisons, d'une valeur moindre que le précédent, en effet le nombre des données est plus faible en Casamance, d'autre part le Ferlo est peuplé exclusivement de zébus, tandis que la population animale de Casamance se compose de taurins ou de métis taurins zébus n'ayant probablement pas les mêmes normes biochimiques. D'une façon générale les teneurs en éléments sériques paraissent plus élevées chez les taurins que chez les zébus, ce qui pourrait expliquer les différences significatives pour le potassium et le magnésium supérieures en Casamance. Cependant en raison de la très grande différence observée entre le phosphore moyen au Ferlo et en Casamance, respectivement 49,4 et 71,6 mg/l, les restrictions précédentes ne sont pas valables pour cet élément. Le phosphore sur les troupeaux du Ferlo est nettement plus bas que sur ceux de Casamance, et ce fait confirme une fois de plus l'hypophosphorose qui sévit dans la première région.

b) Différences saisonnières pour chaque élément et dans chacun des points prospectés au Ferlo.

Le problème des différences saisonnières est ici abordé pour chacun des points de prélèvement et pour chaque élément. Les calculs sont effectués sur la totalité des résultats, donc sur un grand nombre de données individuelles et

TABLEAU N°IX

Différences saison sèche, saison humide dans les différents points du Ferlo

	Linguere	Yare-Lao	Tatki	Yang-Yang	Yonofere	Barkedji
Na	++	0	++	++	0	0
K	0	0	+	++	++	0
Mg	0	++	++	++	++	++
Ca	++	0	++	++	++	+
Cu	++	++	++	++	0	0
Fe		+	++	0		++
Mn	++	0	++	0		0
Zn	0	++	++	++		++
P	0	++	++	++	0	++

conduisant à l'établissement du tableau n° 9 (la symbolique est celle déjà utilisée dans le tableau n° 8).

En ce qui concerne le sodium, 3 villages sur 6, Linguère, Yang-Yang, Tatki, présentent des différences hautement significatives. Tous les résultats de saison sèche sont supérieurs à ceux de la saison humide.

Si l'on consulte le tableau des résultats d'analyses des eaux de forages, on trouve respectivement pour Linguère, Tatki, Yang-Yang les taux en sodium (mg/l de 163,1 - 387,3 - 224,1) alors que pour les 3 autres forages Yare-Lao, Yonofère, Barkedji ces taux ne sont plus que de 65,4 - 59,1 et 115,5. L'hypernatrémie de saison sèche semble donc liée essentiellement à la composition chimique de l'eau d'abreuvement. Le potassium présente des différences significatives pour 3 points sur 6, mais les teneurs de saison sèche sont tantôt inférieures, tantôt supérieures à celles de saison humide. Le facteur saisonnier n'intervient donc pas directement sur la kaliémie. Les différences observées proviennent probablement de facteurs alimentaires (changement de pâturages par exemple).

La même observation est valable pour le magnésium, 5 points sur 6 présentent des différences significatives avec des teneurs variablement supérieures ou inférieures.

Pour le calcium tous les résultats de saison sèche sont inférieurs à ceux de saison humide. 4 points sur 6 présentent des différences significatives. Les taux sénégalais en saison humide

sont proches des taux considérés comme normaux, alors qu'ils sont fortement abaissés en saison sèche.

Les résultats pour le cuivre sont également très cohérents. Tous les résultats de saison sèche sont inférieurs à ceux de saison humide. 4 points sur 6 présentent des différences hautement significatives.

Les taux de fer sont plus élevés en saison sèche qu'en saison des pluies, mais même les taux les plus bas ne permettent pas de prévoir de carence, ce qui serait anormal au Sénégal où abondent les sols ferrugineux.

Le manganèse appelle les mêmes remarques que le potassium et le magnésium. Le dosage sérique de cet élément semble peu fidèle en raison des très faibles teneurs. Une carence semble mieux déterminée à partir des dosages sur le poil ou plus sûrement encore sur les fourrages.

Les taux de zinc sont supérieurs en saison sèche pour 4 points sur 5 et les différences sont alors hautement significatives.

Les taux de phosphore sont enfin nettement abaissés en saison sèche pour 4 forages sur 6. Les taux moyens les plus bas se situent en saison sèche à Yare-Lao, Barkedji et Tatki, qui en 1968 correspondaient à des zones de forte endémicité de botulisme.

c) Parallèle entre les taux sériques du Sénégal et des valeurs relevées dans d'autres pays.

Les taux de sodium, potassium et magnésium

sont au Sénégal comparables à ceux des autres pays. Pour le calcium, les taux sénégalais de saison humide sont également normaux, par contre il n'en est plus de même pour ceux de saison sèche.

La cuprémie des animaux du Sénégal mérite une attention particulière. Les taux sénégalais sont inférieurs à ceux présentés dans le tableau n° 10. Différents auteurs, LAMAND (5), CHAUVAUUX et collab. (3) s'accordent pour situer la norme inférieure de la cuprémie à 0,60 mg/l. En dessous de ce taux l'animal est

considéré comme carencé. Une cuprémie normale se situe donc autour de 0,75 mg/l à 1 mg/l. La valeur de 0,62 mg/l relevée au Ferlo en saison humide serait donc à la limite de la carence, et les taux relevés en saison sèche au Ferlo aussi bien qu'en Casamance (0,50 et 0,51 mg/l) correspondraient bien à une carence caractéristique. Cependant BIEN-FET et collab. (1) signalent des taux encore nettement plus bas atteignant le seuil de 0,10 et 0,20 mg/l et qui correspondent alors à un véritable état pathologique.

TABLEAU N° X

Comparaison entre certaines données au Sénégal et dans d'autres pays.

En mg/l	France (4)	France (4)	Australie (6)	Ferlo saison sèche	Ferlo saison humide	Casamance saison humide
Na	3200-3800	3450	3240	3257	3131	3326
K	150-230	200	183	180,1	173,4	198,3
Ca			102,0	88,4	102,2	92,5
Mg			23,0	22,9	23,1	25,7
Cu			0,75	0,51	0,62	0,50

La phosphorémie constitue une donnée qui subit des oscillations importantes. Pour la plupart des auteurs les valeurs normales des bovins varient de 50 à 90 mg/l. Dans les zones fortement carencées, on a pu observer des taux descendant à 10 ou 15 mg/l.

Dans ces conditions les animaux de Casamance et ceux du Ferlo en saison des pluies ne sont pas carencés. Les animaux de saison sèche le sont par contre, 3 troupeaux sur les 6 présentent des taux inférieurs à 50 mg/l.

En définitive 3 éléments, le phosphore, le calcium et le cuivre présentent des taux faibles en saison sèche qui correspondent à un état carenciel.

En saison des pluies et dès le renouveau de la végétation, les apports minéraux augmentent et permettent aux animaux de refaire leurs réserves.

d) Corrélations entre éléments.

Les interdépendances entre les 8 éléments étudiés ont été calculées sur les données obtenues en Casamance et au Ferlo au cours des deux saisons.

Ces corrélations sont, soit positives et marquées du signe ++ lorsqu'elles sont hautement significatives et du signe + lorsqu'elles sont simplement significatives, soit négatives et symbolisées par les signes — ou —, le 0 indique l'absence de corrélation.

Le résultat de 84 calculs de corrélation est présenté dans le tableau n° 11.

Une première remarque concerne les corrélations K - Zn que l'on trouve au Ferlo en saison sèche et en saison des pluies et qui pourraient résulter, lors du dosage, d'une certaine hémolyse de sérum ayant entraîné une augmentation parallèle du potassium et du zinc.

En saison sèche, au Ferlo, on note une corrélation négative hautement significative entre le phosphore et le calcium. Cette liaison n'existe plus en saison des pluies ou en Casamance.

Ce phénomène pourrait recevoir l'interprétation suivante.

Le calcium sérique se répartit en deux fractions principales : une fraction non ultrafiltrable qui correspond essentiellement à des albumi-

TABLEAU N°XI
Correlations élément - élément

Ferlo I (saison sèche)

	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	P
Na		++	0	0	0	0	0	0
K	++		0	0	0	0	+	---
Ca	0	0		0	0	0	0	--
Mg	0	0	0		0	0	0	-
Cu	0	0	0	0		0	+	0
Fe	0	0	0	0	0		0	0
Zn	0	+	0	0	+	0		0
P	0	---	---	-	0	0	0	

Ferlo II (saison humide)

	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	P
Na		0	0	0	0	0	0	0
K	0		+	+	0	0	++	0
Ca	0	+		++	0	0	0	0
Mg	0	+	++		0	0	0	0
Cu	0	0	0	0		0	0	0
Fe	0	0	0	0	0		0	0
Zn	0	++	0	0	0	0		0
P	0	0	0	0	0	0	0	

Casamance (saison sèche)

	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	P
Na		0	0	0	0	0	0	+
K	0		0	0	0	+	0	0
Ca	0	0		0	0	0	0	0
Mg	0	0	0		0	0	0	0
Cu	0	0	0	0		0	0	0
Fe	0	+	0	0	0		0	0
Zn	0	0	0	0	0	0		0
P	+	0	0	0	0	0	0	

nates de calcium, et une fraction ultrafiltrable composée d'une partie non ionisée et d'une partie ionisée. Cette dernière est la plus importante du point de vue quantitatif et physiologique.

Les concentrations ioniques en Ca^{++} et PO_4^{3-} sont liées entre elles par une loi physico-chimique qui définit la solubilité du phosphate de calcium.

$$S = (\text{PO}_4^{3-})^2 \times (\text{Ca}^{++})^3$$

S produit de solubilité est une constante. Dans le plasma la teneur en Ca^{++} et en PO_4^{3-} est telle qu'elle réalise normalement un équilibre voisin de la saturation, à une diminution des ions PO_4^{3-} correspond donc une augmentation des ions Ca^{++} .

C'est exactement une liaison de cette nature qu'on retrouve au Ferlo en saison sèche, ce qui tendrait à prouver qu'à cette période une grande proportion du calcium et du phosphore

se trouve sous leur forme active, la forme ionisée et la loi physicochimique précédente s'applique.

En saison des pluies, calcium et phosphore se rencontrent avec moins de parcimonie.

Le calcium dosé est constitué encore par le calcium ultrafiltrable ionisé, mais il s'y ajoute en grande proportion du calcium ultrafiltrable non ionisé et des albuminates de calcium.

La loi physico-chimique de solubilité est alors marquée par cet ensemble et on ne trouve plus de corrélation inversée comme en saison sèche.

On note encore au Ferlo en saison sèche une corrélation phosphore potassium et phosphore magnésium d'interprétation difficile.

En saison humide, au Ferlo, on observe trois corrélations positives : $\text{Ca} - \text{Mg} - \text{K} - \text{Mg}$ et $\text{K} - \text{Ca}$.

La formule de Loeb exprimant l'excitabilité neuro-musculaire en fonction de l'équilibre ionique du plasma semble pouvoir en rendre compte

$$\text{ENM} = f \frac{\text{K}^+ + \text{Na}^+}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}$$

Pour que l'équilibre soit maintenu, il est nécessaire qu'à une variation du numérateur corresponde une variation dans le même sens du dénominateur.

La corrélation $\text{Ca} - \text{Mg}$ étant positive, le dénominateur $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ augmente ou diminue. Il doit en être de même pour le numérateur, ce qui se traduit par les corrélations $\text{K}^+ - \text{Ca}^{++}$ et $\text{K}^+ - \text{Mg}^{++}$.

Comme pour le Ferlo en saison sèche, la corrélation $\text{K} - \text{Zn}$ peut être due à une légère hémolyse des sérums. Les hématies étant riches en fer et potassium, la corrélation $\text{K} - \text{Fe}$ positive peut encore s'expliquer par le même phénomène.

CONCLUSIONS

L'étude des concentrations sériques en éléments minéraux et oligo-éléments, réalisée sur un grand nombre d'individus dans 2 régions du Sénégal et au cours de 2 principales périodes climatiques, a permis de mettre en évidence les carences en cuivre et calcium pour le Sénégal en saison sèche, et la carence en phosphore spécifique du Ferlo en saison sèche.

Elle constitue donc un élargissement des recherches antérieures, qui avaient souligné seulement une déficience en phosphore, et permet ainsi de définir une étiologie plus précise des troubles nutritionnels existant sur les troupeaux du sahel, et manifestés principalement par du pica et de l'ostéomalacie.

Ces carences sont liées essentiellement à l'indigence des pailles de saison sèche qui constituent l'aliment des troupeaux durant une longue période de l'année, auxquelles s'ajoute la faible minéralisation des eaux d'abreuvement.

Une analyse systématique des fourrages du point de vue de leur teneur minérale doit donc venir en complément des informations déjà obtenues sur les eaux d'abreuvement. Le rôle des éléments tels que le cobalt, le molybdène, le sélénium dont les teneurs sériques sont trop faibles, pourra ressortir de pareilles études.

SUMMARY

Complementary study on mineral deficiencies found in northern Senegal cattle

During 1964 a first series of works has demonstrated the aetiology and pathogenesis of a severe disease which raged, since several years, among northern Senegal cattle (Ferlo). This disease, very similar to the south African Lamsieckte, was in fact botulism. It is well known that the appearance of the affection is bound to a multi deficiency in which phosphorus plays an important part.

However other elements seem to be involved so new works were launched in 1967 to specify their nature. These latter consisted of serums quantitative analysis of 9 elements and oligo-elements. Samples were collected on 670 heads belonging to Ferlo and Casamance herds, during the dry season and the rainy season this latter period of the year being the most propitious for cattle feeding. The Casamance cattle was considered to be free of deficiency disease and was used as control.

The outcome of more than 6.000 analysis has demonstrated copper and calcium deficiencies during the dry season in Ferlo and Casamance cattle. The phosphorus deficiency was confirmed for the bovine herds living in Ferlo during the dry season.

According to the Authors, the occurrence of bovine streptothricosis in these countries could be bound up with zinc deficiencies.

RESUMEN

Estudio complementario sobre las carencias minerales encontradas en las manadas del norte de Senegal

En 1964, una primera serie de investigaciones permitió explicar la etiología y la patogenia de una enfermedad animal grave que hacia estragos en las ganaderías del norte de Senegal (Ferlo), desde hace varios años.

Dicha enfermedad, comparable al « Lamsieckte » de Africa del Sur, es el botulismo, cuyo desarrollo está favorecido por una policarencia en que el fósforo desempeña un papel importante.

Sin embargo otros elementos parecen intervenir y para precisar su natura en 1967 es cuando se emprendió una nueva serie de trabajos.

Estos últimos comportan los dosajes sericos de 9 elementos y oligoelementos minerales. Se toman las muestras en 670 animales perteneciendo a manadas del Ferlo y a ganaderías de Casamance. Se consideran como indemnes de enfermedades de carencias los bovinos de Casamance que se utilizan para hacer la comparación.

Se efectuan las búsquedas durante la estación seca y la estación húmeda, época favorable para la nutrición de los ganados. Los resultados de más de 6.000 dosajes permiten evidenciar una carencia de cobre y de calcio durante la estación seca y en las dos regiones (Ferlo y Casamance), y confirmar la carencia de fósforo que ataca las manadas del Ferlo durante la estación seca.

Según los autores, la aparición en dichas regiones de la estreptotricosis podría ser ligada con la carencia de cinc.

BIBLIOGRAPHIE

1. BIENFET (V.) et Collab., « Le problème de la carence en cuivre », *Ann. Méd. vét.*, 1965, **109** (5): 313-75.
2. CALVET (H.) et Collab., « Aphosphorose et botulisme au Sénégal », *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1965, **18** (3): 249-82.
3. CHAUVAUUX (G.) et Collab., « Cuivre et manganèse chez les bovins, méthodes de dosage et signification biologique du cuivre et du manganèse dans les poils », *Ann. Méd. vét.*, 1965, **109** (3): 174-224.
4. JACQUOT (R.) et Collab., « Nutrition animale. Données générales sur la nutrition et l'alimentation », Paris, J. B. Baillière, 1958-64, p. 864 (Coll. Nouvelle encyclopédie agricole).
5. LAMAND (M.), « Carences en oligoéléments chez les ruminants », *Cah. Méd. vét.*, 1970, **39** (2): 60-75.
6. MYLREA (P. J.), BAYFIELD (R. F.), « Concentrations of some components in the blood and serum of apparently healthy dairy cattle. I. Electrolytes and minerals », *Aust. vet. J.*, 1968, **44**: 565-69.